

三次元模型による複数円柱の弾性挙動

九州工業大学・工学部 学生員 中原智法

九州工業大学・工学部 学生員 金尾 稔

九州工業大学・工学部 正 員 久保喜延

1. まえがき

近年、斜張橋は優美な景観と優れた構造特性から、電子計算機の進歩も手伝って、建設数も増加し最大支間長も長くなってきた。最近の斜張橋ケーブルは、メンテナンス上の理由から複数配置とされることが多くなったが、これに伴いウェークギャロッピング等の振動問題も数多く報告されるようになった。本来ケーブルは揺れやすいものであり、複数配置においてはそれぞれ固有の振動をするので、その挙動は複雑で十分な説明はなされていない。現在、この振動問題に対しては、ケーブル相互間をワイヤで連結したり、オイルダンパーを取り付けて制振する対策がとられているが、本研究ではケーブルの配置を変えることによりどの程度ウェークギャロッピングを抑制できるかを試みた。

2. 実験概要

実験は、九州工業大学建設教室付属の空力弾性風洞を使い、図1のように模型をセットして行った。模型支持部は、軸方向への若干の変位を許すために、板バネを介して模型を支持するようにした。模型には、外径 $D = 50\text{ mm}$ 、内径 46 mm のアルミ管を使用した。実験ケースの違いにより多少のばらつきはあるものの、固有振動数 $f = 8.3\text{ Hz}$ 、構造減衰率 $\delta = 0.005$ 程度であった。この実験では定常振幅の測定のほかに、振幅と振動数より求めた位相差を使って、定常振幅における円柱に働く空気を推定した。実験を行ったケースは以下のケースである。

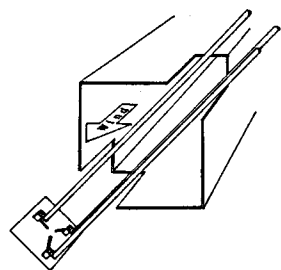


図1 実験装置概観

1) 2本円柱の場合 円柱配置は直列配置のみで、円柱中心間隔は $2.0D$ から $0.5D$ きざみで $4.0D$ までの5ケースの実験を行った。

2) 3本円柱の場合 円柱配置は図2のように、①前向配置、②上向配置、③後向配置の3ケースで、円柱間隔は2本円柱の場合と同じとし、計15ケースの実験を行った。

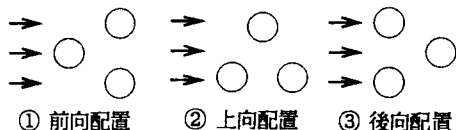


図2 3本円柱の配置

3. 実験結果

今回の実験で見られた振動モードは1次モードが主体であり、2次モードが一部の風速で出現したが振幅は小さかった。

1) 2本円柱の場合 図3に示すように、直列配置では V_r が20より大きいところでウェークギャロッピングが発生していることが分かる。このとき上流側円柱も揺れだすが、これは下流側円柱からの運動エネルギーの供給によって振動しているものと考えられる。この点を除けば、筆者らの研究室で以前行ったコイルスプリング支持による直列円柱の応答に非常によく似ている。また、実橋でもこのような上流側ケーブルの振動が報告されて

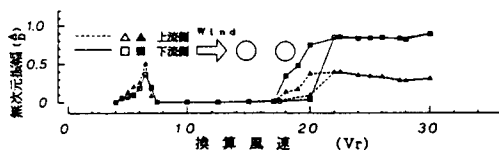


図3 直列円柱の応答

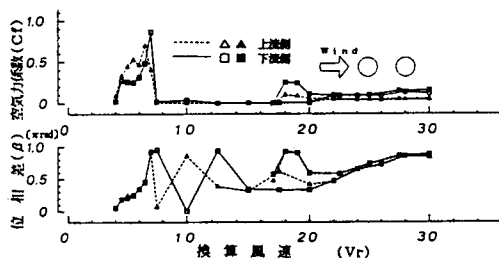


図4 直列円柱に働く空気力

いるので、この実験方法においても、実橋における現象と同様の振動を再現できたと言える。直列配置における円柱に働く空気力は図4の通りである。

2) 3本円柱の場合 ①前向配置； この配置では高風速域において、図5①に示すように円柱中心間隔の違いに関係なくウェークギャロッピングの発生は認められない。推定した空気力も図6①で分かるようにほとんど発生していない。また、渦励振における振幅も2本円柱の場合と比べ少し小さいようである。②上向配置； 図5②で分かるように、円柱中心間隔が大きくなるとウェークギャロッピングの発生風速が低くなり、振幅も大きくなる傾向がある。このウェークギャロッピングは、どのパターンにおいても下流側円柱だけであった。この現象は、志摩丸山橋でも観測されている。直列関係にある下側2本の下流側円柱と、図4の2本円柱直列配置の下流側円柱に働く空気力とを比べてみると、3本円柱の方が2本円柱に比べ、働く空気力が少し大きいようである。特に、円柱中心間隔2.0Dでは、ウェークギャロッピングと考えられる風速域で下流側円柱に働く空気力が、他の円柱中心間隔に比べ非常に大きくなっている。しかし、振幅は渦励振程度である。③後向配置； 図5③に示すように、円柱間隔2.0Dを除くと、他の円柱中心間隔では前向配置の場合と大差ないようである。円柱中心間隔2.0Dの場合は図6③で明かなように、 V_r が20を越えると下流側円柱に働く空気力が大きくなり、振幅はあまり大きくないが振動が発生している。

4. まとめ

今回の実験結果からすると、3本円柱の前向配置と後向配置が風に対して安定であると言える。よって、実橋に適應するには、3本ケーブルを三角形の頂点が横を向くようにケーブルを配置すればよいと考えられる。しかし、今回の実験では風向きが円柱軸と直角な方向のみであるため、今後、様々な風向きに対しての検討を行う予定である。

参考文献

- (1) 国土開発技術研究センター：斜張橋ケーブルの耐風性に関する検討委員会報告書（1989.1）
- (2) 久保, 加藤, 金尾：直列二本円柱の空力弾性挙動と振動抑制に関する一考察 土木構造・材料論文集 第4号（1989.1）
- (3) 久保：耐風設計の豆知識 橋梁と基礎 第23巻第8号（1989.8）

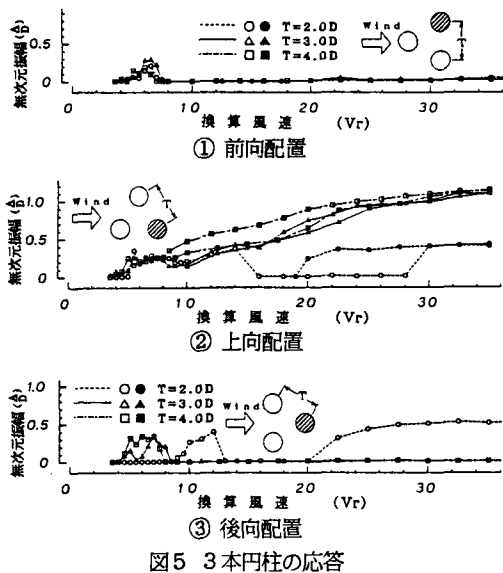


図5 3本円柱の応答

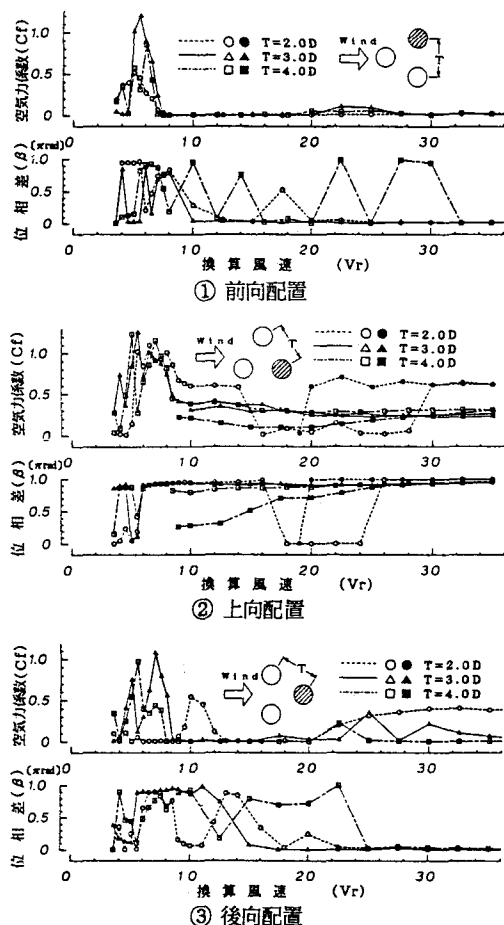


図6 3本円柱に働く空気力